الباب الثالث

SECTION III

التركيب الداخلي للنبات

INTERNAL STRUOTURE OF PLANT

ف ـ ١ . التركيب الداخلي للجذر
ف ـ ٢ . التركيب الداخلي للساق
ف ـ ٣ . التركيب الداخلي للورقة

تمهيـــــد

ان مكونات الانظمة النسيجية المختلفة تنتظم في الجسم النباتي بطريقة تتلاءم والوظيفة المناطة بكل عضو من الاعضاء النباتية • وتختلف الاعضاء النباتية بعضها عن البعض الاخر بالنسبة لطريقة توزيع النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system ضمن النظـــام النسيجي الاساسي Ground tissue system ، بينما يحيط النظام الوقائـي أو الضام Dermal tissue system بالاعضاء النباتية مـــن الخارج ، ممثلا بالبشرة Epidermis خلال مرحلة النمـــو الابتدائي ، وبالبريدرم Periderm بعد مرحلة التغلظ الثانوي في الاعضاء التـي تعاني مثل هذا التغلظ •

ان الطريقة الخاصة التى تنتظم بها الانظمة النسيجية وعلاقتها مـع بعضها تمكن الباحث من تشخيط العضو النباتي عند دراسة مقاطع فيه ، وتلقي ضوء كذلك على المجموعة النباتية ، والتكيفات الموجودة في العضو أو النبات تحت الدراسة.

الفصل السادس
CHAPTER 6
التركيب الداخلي للجذر
INTERNAL STRUSTURE OF ROOT

يمكن تمييز الجذور في النباتات البذرية الى نوعين رئيسيين هما الجذور الوتدية Tap roots المألوفة في نباتات ذوات الفلقتين وعاريات البذور والجذور الليفية Fibrous roots والتي تسود بين ذوات الفلقة الواحدة . وتتميز الجذور الوتدية بوجود جذر رئيسي يتعمق في التربة في حين يتلاشى الجذر الرئيسي في الجذور الليفية لتحل محله جذور عرضية Adventitious roots تنتشر في التربة على مستوى أفقي . ويقوم النوعان من الجذور بالوظائف الرئيسية وهي التثبيت والامتصاص والنقل . الا ان هناك بعض الجذور تتخصص لاداء وظائف معينة اخرى كالتخزين كما في حالة الجذور الدرنية Tuberous roots للبطاطا الحلوة Ipomoea batatus او التدعيم كما في الجذور المساعدة Prop roots للذرة . وتتباين الجذور من حيث تركيبها الداخلي تباينا محدودا ، الا انها تتفق في المميزات الرئيسية التي تميز الجذور عن السيقان . ويعتبر التركيب الداخلي للجذور أبسط الى حد كبير من التركيب الداخلي للساق وذلك يرجع أساسا الى بساطة التركيب الخارجي في الجذر اذ لا يحمل اوراقا او زوائد كالتي توجد في السيقان كما ان الجذر لا ينقسم الى عقد وسلاميات مما يجعل انتظام الانسجة خاصة الناقلة منها وترتيبها داخل الجذور يكاد يكون ثابتا في المستويات المختلفة خلافا لما هو ملاحظ في الساق . وعلاوة على ما تقدم فان الجذر يتميز بوجود تركيب خاص يغطي القمة ويدعى القلنسوة Calyptra (or root cap) . وتوجد القلنسوة في جميع الجذور تقريبا عدا حالات قليلة من بينها جذور النباتات المتطفلة وجذور النباتات ذات التراكيب الجذر فطرية Mycorrhiza . وفي الجذور الهوائية Aerialrools تنعدم القلنسوة ايضاً

غير أنها سرعان ما تتكون بمجرد دخول مثل هذه الجذور التربة وتحولها الى جذور دعامية Pillar roots كما في التين البنغالى Ficus benghalensis والتين الهندى F. indica . كما انها توجد بحالة أثرية في بعض النباتات المائية . والقلنسوة بوجه عام تقوم أساسا بمهمة وقائية للجذر اثناء تقدمه وتعمقه داخل التربة . وتتكون القلنسوة من خلايا برانكيمية متجانسة لكنها تتجدد باستمرار كلما استهلك جزء منها نتيجة احتكاكها بحبيبات التربة وذلك اما عن طريق نشاط مرستيم مستقل هو منشىء القلنسوة Calyptrogen أو من مرستيم مشترك ينتج عن نشاطه تكوين القلنسوة والبشرة معا . ويجعل وجود القلنسوة موقع المرستيم القمي للجذر تحت نهائي Subterminal مما يميزه عن الساق الذى يكون موقع المرستيم القمي فيها نهائيا Terminal بسبب عدم وجود القلنسوة .

أما بالنسبة لتوزيع الانسجة فمن ابرز ما يميز الجذر عن الساق وجود الطبقة الوبرية في بعض مناطقه واتساع منطقة القشرة وتمركز الانسجة الدعامية بما في ذلك عناصر الخشب . ويتميز الجذر علاوة على ذلك في النباتات الوعائية الراقية باتجاه نسيج الخشب بحيث يكون الخشب الاول للخارج Exarch بعكس الساق حيث الخشب الاول الى الداخل Endarch والخشب التالي الى الخارج . كذلك تترتب الانسجة الوعائية في الجذر ترتيبا قطريا أى أن الخشب واللحاء يقعان على انصاف أقطار مختلفة في حين ينتظم الخشب واللحاء في السوق في حزم جانبية أو مركزية أى على أنصاف أقطار واحدة .

ويمكن تتبع المناطق والانسجة المختلفة التى يتكون منها الجذر بدراسة قطاع مستعرض لجذر حديث (شكل ٦ـ١) وسوف يتضح ارتباط هذه الانسجة بالاجهزة النسيجية الرئيسية الثلاثة وهى الضامة والاساسية والوعائية وذلك في منطقة الشعيرات الجذرية كما يلى :

١ ـ البشرة Epidermis

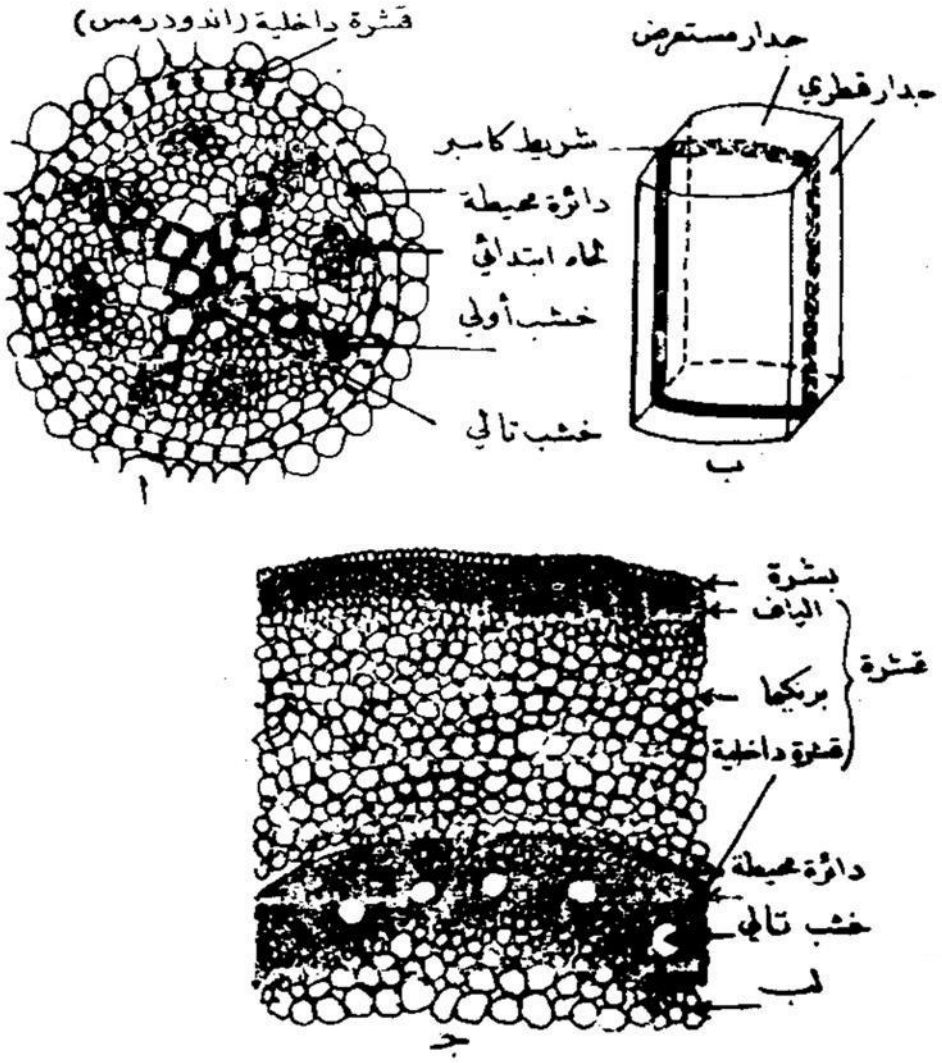
تتميز البشرة في الجذور عادة بعدم وجود طبقة الادمة Cuticle التي توجد ببشرة السيقان والاوراق كما ان جدر الخلايا لا تكون

مكيتنة وذلك لقيام الجذر في جزء منه بمهمة امتصاص الماء والاملاح من التربة عن طريق الشعيرات الجذرية وهذه الشعيرات تظهر في منطقة تدعى منطقة الشعيرات الجذرية . وتقع هذه المنطقة خلف منطقة الاستطالة مباشرة . وتقوم معظم خلايا البشرة في هذه المنطقة بتكوين شعيرات دقيقة يكتمل نضجها حيث يكتمل نضج الخشب ورغم ان مهمة الامتصاص يقع عبؤها على الشعيرات الجذرية ـ ذلك لان السطح الممتص يزداد كثيرا مع تكوين هذه الشعيرات ـ الا انه قد ثبت ان خلايا البشرة ذاتها قد تقوم هى ايضا بالامتصاص . وتسمى طبقة البشرة نظرا لوجود هذه الشعيرات باسم الطبقة الوبرية Piliferous layer أو طبقة الشعيرات الجذرية . ومما يجدر ذكره ان الشعيرات الجذرية موجودة في جذور معظم النباتات الارضية ، بينما الغالبية العظمى من النباتات المائية تكون خالية من الشعيرات الجذرية . غير أنه لو تركت جذور نبات برى ـ كالذرة ـ لتنمو في بيئة مائية فان الجذور المتكونة عندئذ تكون خالية من الشعيرات الجذرية . وعلى العكس من ذلك فانه لو نقل نبات مائي مثل ايلوديا Elodea canadensis وترك لينمو في بيئة طينية فان ذلك يؤدى الى تحفيز الجذور على تكوين الشعيرات في هذا النبات المائي الذى تخلو جذوره من الشعيرات عند نموه في البيئة المائية .

وتنشأ الشعيرة الجذرية عن طريق تمدد الجدار الخارجي لخلية البشرةمكونا انبوبا ضيقا ذا جدار خلوىرقيق جدا يمتد اليه البروتوبلازم ليبطن الجدار بطبقة رقيقة أيضا كما تتجه النواة الى وسط الانبوب أو طرفه . ويتالف جدار الجزء الانبوبي من المواد البكتية Pectic substances ومادة الكالوس Callose ـ وهى مادة كربوهيدراتية متعددة التسكر Polysaceha rides اضافة الى السليلوز Cellulose . ويصبح للشعيرة فجوة كبيرة نسبياً . وتقوم الشعيرة الجذرية بوظيفتها لوقت قصير عادة بعده تتمزق ثم تسقط أو تتحلل ليحل محلها شعيرات اخرى حديثة في مقدمة الجذر بجوار منطقة الاستطالة وذلك اثناء استمرار الجذر في النمو وبذلك تتدرج الشعيرات من حيث العمر بحيث تكون الشعيرات الحديثة أقرب الى قمة الجذر . وتبعا لذلك تواجه منطقة الشعيرات تربة جديدة

باستمرار ٠٠ اما المنطقة التى تذوى بها الشعيرات فقد تتسوبر فيها خلايا البشرة وفي حالات كهذه تستطيع طبقة البشرة ان تصمد لفترة طويلة متحولة هي ذاتها الى طبقة القشرة الخارجية exodermis كما هي الحال في جذور بعض النباتات التى لا تمارس التغلظ الثانوي ٠ ولكن ما يحدث في معظم الاحيان هو ان تتمزق خلايا البشرة وتتسوبر خلايا الطبقة التى تحتها لتكون طبقة القشرة الخارجية ٠

وفي بعض السحلبيات الاستوائية Tropical Orchids التي تعيش فوق اشجار epiphytes والتى لها جذور هوائية تحتوى تلك الجذور على منطقة خارجية تقع خارج طبقة القشرة الخارجية مباشرة تسمى البرقع velamen وتمثل بشرة عديدة الطبقات Multiseriate or multiple epidermis اذ أنها تنشأ من البشرة الأولية عن طريق إنقسامات، محيطية periclinal divisions متتالية ، وبذلك يمكن اعتبار هذه المنطقة من حيث نشوئها مماثلة لطبقة البشرة في الجذور العادية ٠ ونسيج الفيلامين يتكون من طبقة واحدة الى عدة طبقات من الخلايا ، وتحدها من الداخل طبقة القشرة الخارجية . والخلايا محكمة التركيب غير حية ذات جدر ثانوية مغلظة من الداخل بتغلظ حلزوني أو شبكي وخلايا الطبقة الخارجية منها تحتوى جدرها الخارجية على نقر دقيقة ٠٠ وتمتلىء هذه الخلايا بالهواء في وقت الجفاف أما مع وجود الرطوبة سواء عن طريق المطر أو الندى فان خلايا البرقع تمتلىء بالماء ولذلك كان يعتقد ان للبرقع وظيفة امتصاصية كتلك التى لطبقة الشعيرات الجذرية في الجذور العادية الا ان البحوث الحديثة اثبتت بان خلايا البرقع بالاضافة الى خلايا الاكسودرمس تكاد تكون غير منفذة للماء وبعض الاملاح مما يحمل على الاعتقاد بان لطبقة البرقع وظيفة وقائية فهى بتغلظ جدرها وتسوبرها تصبح قادرة على حماية الجدر الهوائي من فقدان مائه خلال أنسجة القشرة ولاسيما مع وجود طبقة القشرة الخارجية ذات الجدر المسوبرة ايضاً .



شكل (٦-١) ا- مقطع مستعرض في الجزء المركزي من جذر الشقيق وهو من ذوات الفلقتين (ب) خلية من خلايا القشرة الداخلية توضح امتداد شريط كاسبر (جـ) جزء من مقطع مستعرض في جذر الذرة.

٢ ـ القشـــرة CORTEX

تتسم القشرة في الجذور عادة باتساعها اذا ماقورنت بقشرة السيقان ويرجع هذا اساسا الى تمركز الانسجة الدعامية بما في ذلك أنسجة الخشب في وسط الجذر ليصبح الجذر قادرا على مقاومة عوامل الشد التى يتعرض لها . ولذلك تتميز السيقان الارضية كالريزومات وغيرها بسـعة القشرة لتعرضها لنفس المؤثرات الميكانيكية التى تتعرض لها الجذور . كمـا ان

الجذور التى تتعرض لعوامل الضغط كتلك التى تتعرض لهـا السيقان بصفة عادية تتميز بتواجد الانسجة الدعامية للخارج كمـا هو الحال في السيقان • وحينئذ تكون ذات نخاع واسع مثل الجذور الدعامية في التين البتغالي •

ونظرا لاتساع القشرة في الجذور بشكل عام فانها قد تقوم بوظيفة الادخار ويختزن بها بعض المواد كالنشا • هذا فضلا عن تلك الجذور التى تقوم بعملية التخزين كمهمة أساسية حيث تكون القشرة فيها لحمية ، ويبلغ سمكها عدة أمثال سمك العمود الوعائي •

وفي الجذر الحديث تبدو القشرة كمنطقة واسعة ذات خلايا كبيـرة ومستديرة أو متساوية الابعاد بحيث تضم فيما بينها مسافات بينية واسعة ذات أهمية خاصة بالنسبة لعملية التنفس • وفي النباتات المائية تتسـع المسافات البينية في الجزء الداخلى من القشرة بحيث يتكون في ذلك الجزء نسيج كامل للتهوية • وعند وجود الشعيرات الجذرية تتكون القشرة كلية من خلايا بارنكيمية اما بعد ذبول طبقـة الشعيرات فتتسوبر عادة خلايا الطبقة الخارجية من القشرة لتكون طبقة القشرة الخارجية . وقد تتسوبر بالاضافة الى الطبقة الخارجية عدة طبقات اخرى بحيث تصبح الاكسودرمس عديدة الطبقات قادرة على القيـام بحمايـة الجذر • وتتميز خـلايا القشرة الخارجية المسوبرة عن خلايا الفلين باحتواء جدرانها على نقر غـير موجودة بجدران خلايا الفلين • وتخلو القشرة في الجذور من الخـلايا الكولنكيمية الا انها قد تحتوى على الالياف كنسيج دعامي • وفي كثير من الاحيان يلي الاكسودرمس من الداخل منطقة مستمرة او مجموعات مـن الخلايا السكلرنكيمية Sclerenelayma . والقشرة تدوم لفترة طويلة في جذور الفلقة الواحدة والتريديات والنباتات العشبية من ذوات الفلقتين أما في ذوات الفلقتين الخشبية وعاريات البذور حيث يحدث تغلظ ثانوي فالقشرة سرعان ماتتمزق نتيجة هذا التغلظ وتقوم طبقة البريدرم بعد ذلك بمهمة وقاية الجذر .

وتعتبر طبقة القشرة الخارجية التي تتكون نتيجة سوبرة الطبقة تحت البشرة بعد تهتك الشعيرات الجذرية الطبقة الاولى للقشرة وهى تشـبه طبقة القشرة الداخلية Endodermis الى حد كبير من حيث التركيب ومن حيث الوظيفة .

فقد تتغلظ جدرها القطرية فقط او قد تتغلظ الجدر القطرية والجدر المماسية ايضا وحينئذ يمكن تمييز نوعين من الخلايا : خلايا مستطيلة نوعا ما مسوبرة الجدر . وخلايا قصيرة قليلة العدد غير مسوبرة الجدر تعتبر احيانا خلايا مرور Passage cells . وينتشر وجود طبقة الاكسودرمس في عاريات البذور ومغطاة البذور ولكنها تكاد لا توجد في النباتات الوعائية الواطئة كما انها تكاد تكون موجودة بصفة مستمرة في ذوات الفلقة الواحدة .

ويحد القشرة من الداخل طبقة القشرة الداخلية Endodermis التي تعتبر آخر طبقة للقشرة من الداخل تليها الدائرة المحيطية مباشرة . والقشرة الداخلية واضحة عادة بالجذور خلافاً لما عليه الحال بالساق ، وتكاد تختفي تماماً بحصول التغلظ الثانوي . وتبدو اهمية هذه الطبقة في الجذر الابتدائي في منطقة الامتصاص حيث يحتوي الجدار الخلوي على مادة يعتقد انها سوبرين أو كيوتين أو ماشابه ذلك بشكل شريط يمتد حول الخلية داخل الجدر القطرية Radial Wall والمستعرضة ويطلق على هذا الشريط مصطلح شريط كاسبار Casparian strip وهو جزء من الجدار الابتدائي وليس مجرد تغلظ للجدار إذ أن السوبرين Suberin يتخلل الصفيحة الوسطى ذاتها. ويكون البروتوبلاست ملتصقاً بشريط كاسبار بحيث لا يصبح المرور خلال القشرة الداخلية ممكناً إلا عن طريق السايتوبلازم فقط . وهناك نوعان من القشرة الداخلية : نوع رقيق الجدار تمتد فيه الاشرطة الكسارية حول الجدر القطرية والمستعرضة او الطرفية ويسمى هذا النوع الابتدائي وهو الاكثر شيوعاً ويوجد بين التريديات وبعض ذوات الفلقتين . أما النوع الآخر من القشرة الداخلية فسميك الجدار حيث تتغلظ فيه الجدر المماسية الدخالية Inner Tangential Walls بالاضافة الى الجدر القطرية وفي هذه الحالة يترسب السوبرين على الجدار الابتدائي بما في ذلك الاشرطة الكسبارية وهذا النوع يسمى القشرة الداخلية الثانوية Scondary endodermis. وفي بعض الاحيان تتغلظ جميع جدر الخلية وقد يصل التغلظ في بعض الحالات الى درجة بحيث يضيق الفراغ الخلوي الى حد كبير . وفي حالة وجود القشرة الداخلية الثانوية كثيراً ماتبقى بعض الخلايا المنفردة رقيقة الجدر ويطلق عليها في هذه الحالة مصطلح خلايا المرور Passage cells ، وهذه الخلايا تقع عادة مقابل عناصر الخشب الاول ، ويظهر بها التنقر بصورة غزيرة على جدرها القطرية والمماسية ويشيع وجود القشرة الداخلية الثانوية في جذور ذوات الفلقة الواحدة .

٣ ـ الاسطوانة الوعائية VASCULAR CYLINDER

يحد الاسطوانة الوعائية من الخارج الدائرة المحيطة Pericycle التي تعتبر الطبقة الخارجية من الاسطوانة الوعائية تليها مباشرة الى الداخل الانسجة الوعائية .

وتتميز الدائرة المحيطة في الجذر بأنه ضيق نسبياً يتكون عادة من طبقة واحدة أو طبقتين من الخلايا البرانكيمية ويندر ان يكون من عدة طبقات كما في جذر نبات الصبير **Opuntia** الدائرة المحيطة تكون عادة مستمرة الا انها قد تصبح غير متصلة عندما تتاخم الاذرع الخشبية مباشرة طبقة الاندودرمس . وكثيراً ماتتعرض بعض خلايا هذه الطبقة الى فقدان التميز إذ سرعان ما تستعيد قدرتها على الانقسام وتصبح منشئة لتراكيب جديدة نتيجة تكوينها لمرستيمات ثانوية ، فمنها تنشأ الجذور الجانبية ومنها يتكون الكمبيوم الفليني Phellogen or Corkeambion الذي تنتج عنه بعد ذلك طبقة البريدرم ، كما أن جزء من الكمبيوم الوعائي ينشأ منها .

وخلايا الدائرة المحيطة البرانكيمية قد تقوم بوظيفة الخزن كسائر الخلايا البرانكيمية كما أنها قد تدخر بخلايا أو قنوات افرازية كما في جذور نباتات العائلة الخيمية Umbelliferae . وفي الجذور المسنة قد تتغلظ خلايا البريسيكل بمادة اللكنين أو السوبرين كما هي الحال في جذور نبات السمار Juncus .

الانسجة الوعائية Vaseulor Tissues

ينتظم الخشب واللحاء في الجذر الابتدائي انتظاما قطريا بمعنى ان الخشب واللحاء يقعان على أنصاف أقطار متبادلة وذلك بالاضافة الى أن عناصر الخشب الاول تتجه للخارج أما الخشب التالي فيتجه للداخل أي ان الخشب يكون حينئذ خارجي الخشب الاول Exarch . وفي جذور ذوات الفلقتين يحتل نسيج الخشب في أغلب الاحوال مركز الجذر أو قد يفسح المجال لنخاع ضيق وتتخذ عناصر الخشب عندئذ هيئة عمود مركزي يتجه بحواف بارزة نحو الدائرة المحيطة تحتضن فيما بينها مجموعات اللحاء في حين

يفصل بين اللحاء والخشب نسيج پارنكيمي . أما في جذور ذوات الفلقة الواحدة فيوجد عادة نخاع واسع نسبيا ولاسيما في النباتات العشبية منها.

ويختلف عدد الانواع الخشبية اختلافا كبيرا في المجموعات المختلفة من النباتات . ففي جذور ذوات الفلقتين يكون العـــدد صغيرا اذ يتراوح مابين ذراعين وثمانية اذرع . ويندر ان يصل العدد الى ١١ أو ١٢ ذراعا كما هى الحال في الجذور الهوائية لنبات التين البنغالي . اما في جـــذور ذوات الفلقة الواحدة فقد يصل عدد الاذرع الخشبية الى ١٥ أو ٢٠ مـع وجود بعض الحالات التى يظهر بها عدد محدود من الاذرع الخشبية كجذر نخلة التمر Date palm . ولقد تبين أن عدد الاذرع الخشبية بالجذر قد يكون ثابتا في بعض الانواع وقد يتغير في انواع اخرى . كما ان هـــذا التغير قد يكون محدودا بمعنى أن تظهر الجذور ثنائيه الاذرع Diarch او رباعية الاذرع Tetrareh في بعض الانواع ، وثلاثيـة Triarch أو سداسية Hexarch في أنواع اخرى . ولذلك يوصف الجذر بانه ثنائي الاذرع مثل جذر البنجر Beta vulgaris وجذر الفجل Raphanus أو ثلاثي الاذرع مثل جذر البزاليا Pisum او رباعي الاذرع مثل جـذر الباقلاء Vicia faba وجذر الشقيق Ranunculus وجذر القطن . أو خماسي الاذرع مثل جذر العنب Vitis أو عديد الاذرع Polyarch مثل جذر التين البنغالي . كما تبين انه نتيجة لقلة الاذرع الخشبية بذوات الفلقتين فان عدد العناصر الخشبية في الذراع الواحدة يكـــون كبيرا اذا ما قورن بعددها في الاذرع الخشبية بجذور ذوات الفلقة الواحـدة . وفي وفي عاريات البذور والتريديات تحتوى الجذور على عدد قليل من الاذرع الخشبية .

وفي الذراع الخشبي الواحد توجد العناصر الوعائية الضيقة للخارج هي تمثل الخشب الاول Protoxylem الذي تنضج عناصر بصورة مبكرة ، أما الداخلية فتكون الخشب التالي Metaxylem الذي تنضج عناصره بصورة لاحقة . ويتكون الخشب الاول من عناصر حلزونية Spiral او حلقية Annular أو سلميـــة Scalariform قـــادرة عـــلى التمـــدد والاستطـــالـــة اثناء نمو الجذر في حين يتكون الخشب التالي من عناصر شبكية او منقرة

أقل قابلية على التمدد وتزداد اتساعا باقترابها من المركز وقد تحتوى جدرها الثانوية على نقر مضفوفة • وينضج اللحاء بنفس طريقة الخشب بحيث تتواجد عناصر اللحاء الاول Protophloem للخارج وعناصر اللحـــاء التالي Metaphloem للداخل •

اما الخلايا الواقعة بين الخشب واللحاء والتي تكون عادة ذات طبيعة برانكيمية فتقوم ـ في الجذور التى يحدث بها تغلظ ثانوي ـ باســـتعادة قدرتها على الانقسام وتكوين كمبيوم وعائي ينتج عن نشاطه ظهور الانسجة الثانوية Saconolary tissues . أما في الجذور التي لا يحدث بها مثل هذا التغلظ فإن هذه الخلايا قد تبقى برانكيمية دائمة أو تتحول الى خلايا سكرنكيمية Sclerenehyma .